

# **Исследование систематической погрешности электрической калибровки калориметрического первичного измерительного преобразователя**

***Кокодий Н. Г., д.ф.-м.н.***

*Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина*

*Площадь Свободы, 4, Харьков, 61077, Украина*

*тел.: +38 (057) 707-51-57, e-mail: [Nikolay.G.Kokody@univer.kharkov.ua](mailto:Nikolay.G.Kokody@univer.kharkov.ua)*

***Мунтян К.И., Тимофеев Е. П., к.т.н., доц.***

*Национальный научный центр "Институт метрологии"*

*ул. Мироносицкая, 42, Харьков, 61002, Украина*

*тел.: +38 ( 057 ) 704-97-50, e-mail: [timofeev@metrology.kharkov.ua](mailto:timofeev@metrology.kharkov.ua)*

**Введение.** Контроль энергетических параметров различных источников оптического излучения является одним из самых востребованных видов измерений в области оптической метрологии и светотехники. Основную долю парка средств измерений составляют калориметры, обеспечивающие наивысшую достижимую в настоящее время точность абсолютных измерений. Калориметрические первичные измерительные преобразователи, входящие в состав аппаратуры государственных эталонов, являются его основным узлом, определяющим точность воспроизведения и хранения единицы мощности излучения. Одним из доминирующих источников погрешностей калориметрических преобразователей является погрешность его абсолютной калибровки методом электрического замещения, который позволяет привязать эталон единицы мощности оптического излучения к существующим Государственным эталонам единицы напряжения - Вольта и единицы сопротивления - Ома.

Целью настоящего исследования является изучение путей совершенствования методики калибровки калориметрических первичных измерительных преобразователей, входящих в состав Государственного первичного эталона единиц средней мощности и энергии лазерного излучения средних уровней, модернизация которого предусмотрена Программой развития эталонной базы Украины на 2006 - 2010 гг.

**Постановка задачи.** Задача исследования состоит в оценке степени неэквивалентности воздействия на приемный элемент калориметра измеряемого оптического излучения и замещающего его теплового воздействия электрического тока. Для получения такой оценки рассмотрены идеализированные теплофизическая, электрическая и математическая модели калориметрического первичного измерительного преобразователя ТПИ-2М.1. Приемный элемент калориметрического преобразователя смоделирован неограниченной пластиной. Установлены процессы, вследствие которых происходит накопление и сброс тепла в приемном элементе. Теплофизические свойства конструкционных материалов калориметрического преобразователя получены аппроксимацией справочных данных [1-3].

Процессы нагрева приемного элемента измеряемым оптическим излучением и калибровочным тепловым потоком, а также процессы его

последующего охлаждения описаны в рамках линейной теории теплопроводности четырьмя краевыми задачами с комбинированными граничными условиями.

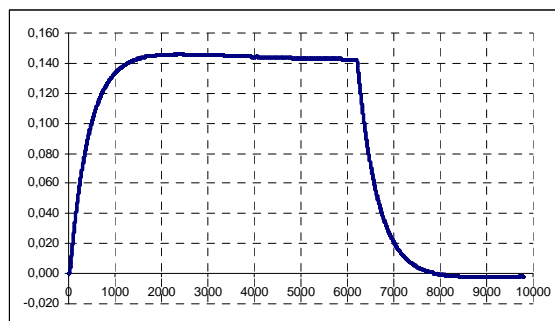
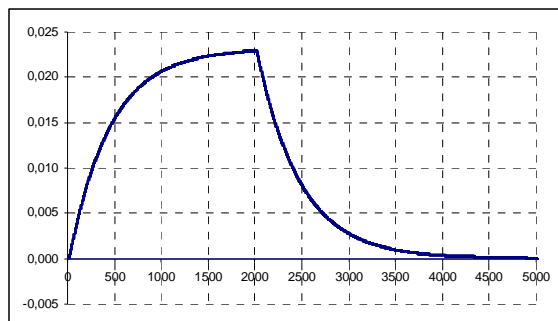
**Аналитическое решение.** Сформулированные краевые задачи решены методом Фурье. Вычислены пространственные и временные распределения температурного поля приемного элемента, обусловленные измеряемым излучением и калибровочным потоком. Показано, что эти распределения асимметричны и оценена степень асимметрии. Получены выражения для темпов нагрева и остывания приемного элемента в процессе измерения и калибровки. Вычислены максимальные температуры нагрева приемного элемента измеряемым излучением и калибровочным потоком и получена оценка погрешности электрической калибровки калориметра.

**Эксперимент.** Экспериментальное исследование калориметрического преобразователя ТПИ-2М.1 проводилось на установке, в состав которой входили диодный лазер АТС-С3000-500-АМФ-806-2 ( $\lambda = 0,806$  мкм) с охлаждающей головкой АТС-03Н и управляющим устройством LDD-10, мультиметры DM 3559 и DT-830В, источник калибровочного напряжения JPS-3030DD и компьютер.

Методика эксперимента предусматривала подачу оптического излучения постоянной мощности на приемный элемент калориметрического преобразователя и регистрацию выходного электрического сигнала преобразователя от момента подачи излучения на преобразователь до момента его выхода на стационарный тепловой режим. После достижения стационарного теплового режима преобразователя источник излучения выключался и выходной сигнал преобразователя регистрировался вплоть до момента полного остывания приемного элемента. Затем мощность оптического излучения изменялась и измерительный цикл нагрева-охлаждения и регистрация выходного сигнала преобразователя повторялись.

Аналогичный измерительный цикл проводился при подаче на приемный элемент преобразователя калибровочного теплового потока.

Типичные графики изменения выходного сигнала преобразователя в течение цикла измерения приведены на рисунке.



а) измеряемое оптическое излучение    б) калибровочный тепловой поток

Изменение выходного сигнала калориметрического преобразователя

**Обработка результатов.** По экспериментальным графикам определялись постоянные времени процессов нагрева и остывания приемного элемента,

времена завершения процессов нагрева и остывания и времена переходов в регулярный тепловой режим. Спад вершины импульса калибровочного теплового потока использовался для расчета температурной поправки согласно методике [4]. Параметры процессов, полученные экспериментально, сравнены с теоретическим расчетом.

**Выводы.** На основании результатов исследования сделаны следующие выводы:

- калориметрический первичный измерительный преобразователь ТПИ-2М.1 (и другие изопериболические калориметры подобной конструкции) имеет несимметричную конструкцию приемного элемента, вследствие чего теплотери по батарее термопар и токоподводам электрического нагревателя в процессе калибровки относительно больше, чем в процессе измерения оптического излучения;

- при расчете поправки на электрическую калибровку калориметрического преобразователя необходимо учитывать величину калибровочного теплового потока и величины постоянных времени нагрева приемного элемента измеряемым оптическим излучением и калибровочным потоком.

### Литература

1. Теория тепломассообмена. Под. ред. А.И. Леонтьева, Москва, Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана 1997.
2. Физические величины. Справочник под. ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова, Москва, Энергоатомиздат, 1991.
3. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. Москва, Металлургия, 1989.
4. L. M. N. B. F. Santos, M. T. Silva, B. Schreder and L. Gomes. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 89 (2007) 1, 175-180